# ヘッドフォンだって管球サウンドで聴きたい

## 後編 ： 製作と使いこなし

# 6AU6A
# 3極管接続ヘッドフォン・アンプの製作

秋 一郎

筆者は心落ち着く夜にこそ音楽鑑賞に浸りたくなります．しかも十分な音量がほしいものです．そこで生まれて初めて純粋管球式のヘッドホン専用アンプを製作しました．

先月号の前編では，完成機をお披露目するために様々なメーカーのヘッドホンで試聴を行いました．後編の今回は製作と調整についてお話しします．

なお回路は音質調整のため若干の変更がありました．今月掲載の改訂版が最新です．

### なぜ6AU6なのか

「プレート直流NFB」を使った本機の回路を種々の電圧増幅管でシミュレーションすると，6AU6の3結が一番ひずみが少なく，上下対称のサイン波を得られました．実際，特性図を見ても純粋3極管並みにカーブの角度がそろっているのが印象的です．

という理由のほかに，本機が「そこらの市販品とは違うぞ」と強調したかったのは事実です．MT管が2本立っている市販製品はありますが，3本や4本は見たことがありません．4本もの真空管が屹立する本機が「なんか本格的」みたいに見えれば成功です．

ただし，6AU6は高周波数帯で使う前提で製造されているため，低周波に属するオーディオ帯域のノイズは放置される傾向があります．オーディオに使うには選別が必要です．昔はそのような選別品があったようですが，現在は自前で選別しなくてはなりません．

## 本機のNFB回路の特徴

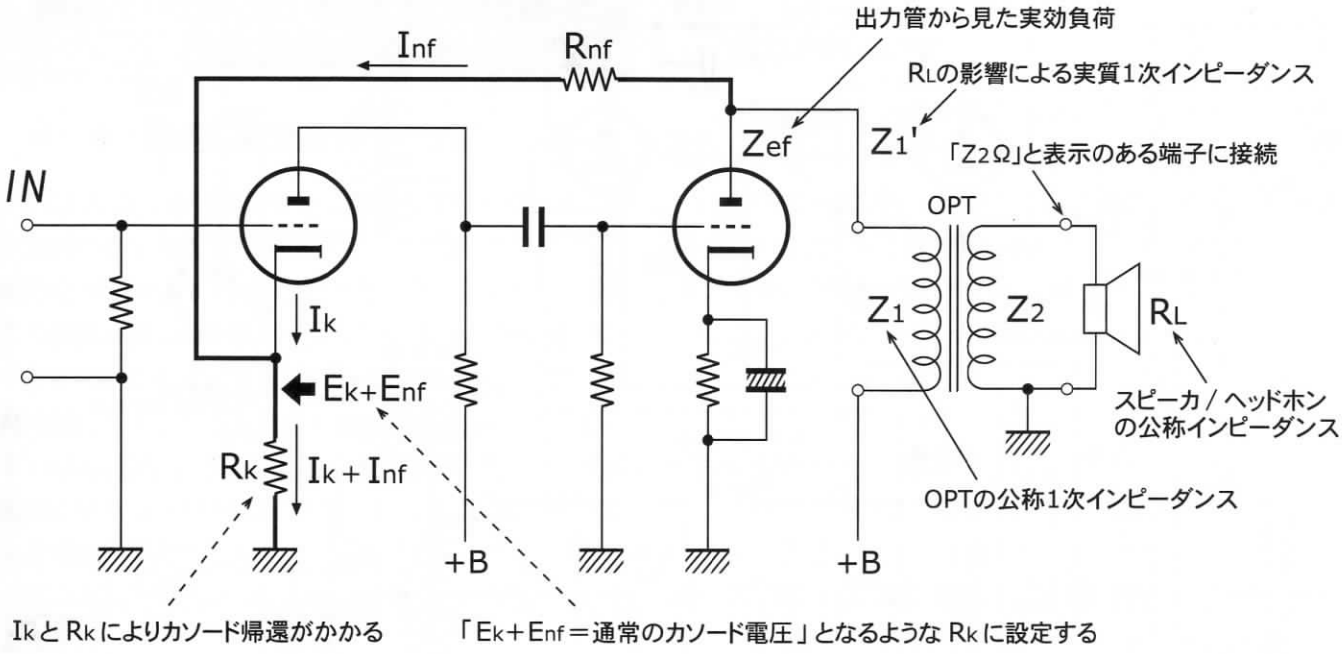
本機の肝はNFB回路にあります．2種類の模式図を参照してください．

### 出力管プレートからNFB直流電流を流す

先月号で説明しましたが，管球式シングルアンプで困る(?)のは多量のNFBをかけにくいことです．「NFBのかけ方3種類」の**図(A)**のように出力トランス(以下OPT)2次側から多量のNFBをかけると，どうしても高域に大きなピークが出てしまいます．

この理由は，利得の下がる高域で帰還量が少なくなり，周波数特性上，高域だけ取り残されるためです．小型のOPTの場合はなおさらこの傾向が強まり，音

## 本機が採用したプレート直流帰還




出力管から見た実効負荷 ($Z_{ef}$) は実質1次インピーダンス ($Z_1'$) と $R_{nf}+R_k$ の並列合成

$$\begin{cases} Z_1' = \dfrac{Z_1 \times R_L}{Z_2} \\ Z_{ef} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{Z_1'} + \dfrac{1}{R_{nf}+R_k}} \end{cases} \Rightarrow Z_{ef} = \frac{1}{\dfrac{Z_2}{Z_1 \times R_L} + \dfrac{1}{R_{nf}+R_k}}$$

### アース・ポイント

交流信号の動作基点となるアース・ポイントは回路図のグラウンド記号で示してあります.

入力部のアース・ポイントは，実機上ではスズメッキ線を支える両側の柱の根元がシャーシにつながっています.

左右Ｂ電源のアース・ポイントは，それぞれスズメッキ線を支える柱のうち，手前のものの根元がシャーシにつながっています.

出力管グリッドの動作基点となるグリッドのアース・ポイントは，端子取り付けネジがシャーシにつながっています．ここに直流電流は流れませんし，電位が安定することが大切なので，直近のシャーシにアースしています.

### リターン経路

カソードから流れる電流が還流する経路は，よく考えて配線しないとハムノイズ発生の原因になることがあります.

出力トランス1次側何KΩのとき、2次側に何Ωのインピーダンスのヘッドホンをつなぐと、出力管の実質負荷が何KΩになるか?

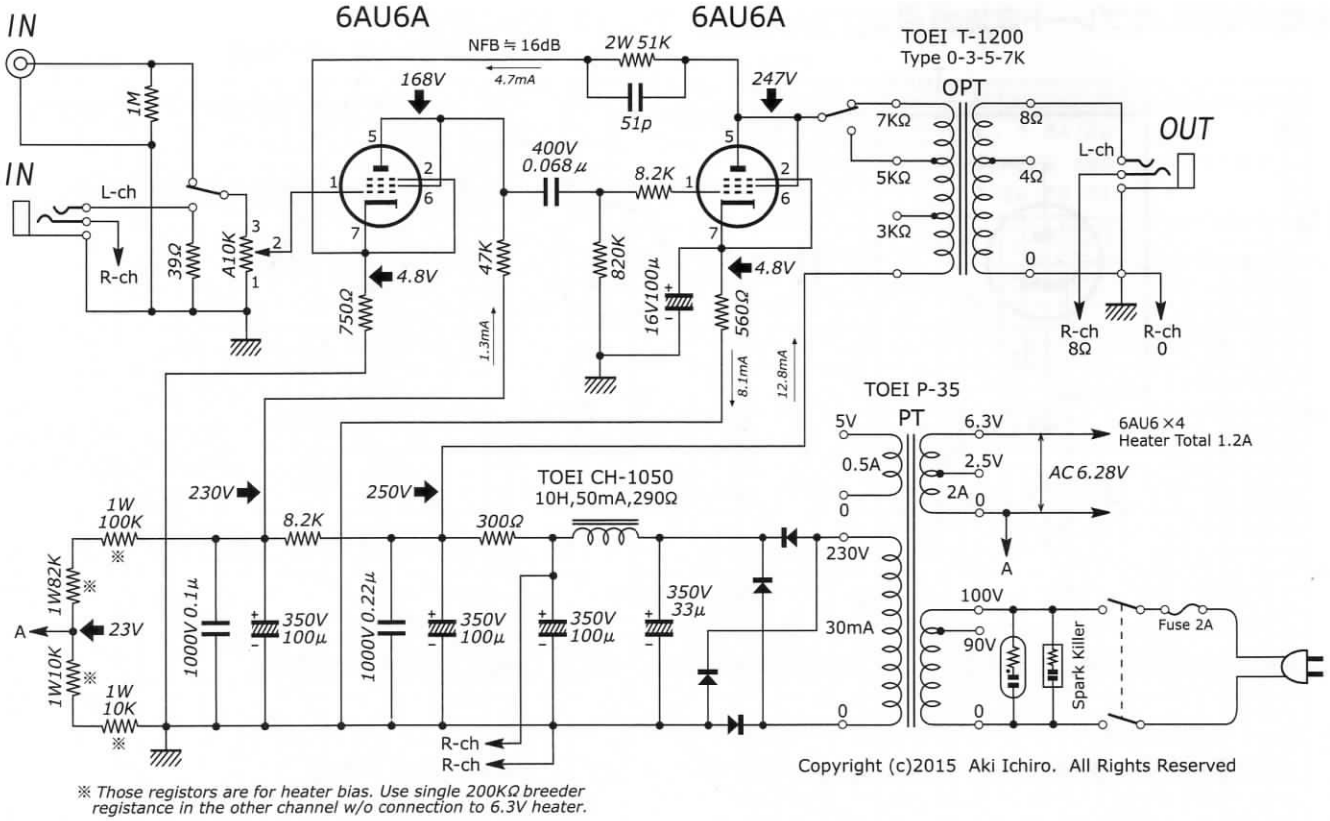
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1次 7KΩ | 14Ω | 18Ω | 22Ω | 27Ω | 32Ω | 44Ω |
| 1次 5KΩ | 20Ω | 25Ω | 31Ω | 37Ω | 45Ω | 62Ω |
| 1次 3KΩ | 33Ω | 42Ω | 51Ω | 62Ω | 74Ω | 103Ω |
| 出力管合成負荷 | 10KΩ | 12KΩ | 14KΩ | 16KΩ | 18KΩ | 22KΩ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ダンピング | 低 | ⟷ | 高 |
| 音調 | 麗 | ⟷ | 厚 |
| 距離 | 近 | ⟷ | 遠 |

インピーダンス早見表

原則として，左右チャンネルを厳格に分けたうえ，初段カソードから出る電流は初段Ｂ電源ケミコンに戻し，出力段のカソードから出る電流は出力段のＢ電源ケミコンに戻します.

これを実行するために，本機のＢ電源はチョーク・




6AU6A ヘッドフォン・アンプ 全回路図(改訂版)

コイルから先を左右 ch に分け，それぞれ 300Ω のデカプリング抵抗を入れて ch 間の影響を低減するように配慮しました．

実機では境目のないスズ引き線に配線していますが，回路図に沿った位置にハンダ付けしています．

## 実体設計で配慮したこと

### 大容量ケミコンを使ったわけ

今回は回路内容にくらべてシャーシに余裕があると思っていました．しかし，ついうっかり「スペースが余ってるなら大容量のケミコンが使えるぞ」と考えてしまいました．

結果，シャーシ内の半分以上を電源が占めることになりました．電源を切っても 20 秒間鳴り続けます．現実的にはここまで大容量にする必要はないと思います．

### シャーシ配置

使用しているシャーシはタカチが販売する鈴蘭堂タイプの SRDSL-7HS(天板シルバー色)です．

デスクに置いて場所をとらないように，壁面にぴたりと寄せて置けるデザインにしてあります．入出力は前面に集中してプラグを抜き挿ししやすくしました．これだと入力信号を最短で配線できるので，シールドケーブルを使わず 2 線を撚るだけで済みます．

AC インレットの向きは，実機でなく実体配線図のほうが本来の姿です．秋葉原で売られている L 字型プラグを使うことを考えていたのですが，向きを間違えて加工してしまいました．

### OPT 2 次側アース配線

ヘッドホン端子はひとつで左右 ch を接続できるのが便利ですが，アースが左右で共通になっています．この共通アース部分の抵抗値が大きくなると，左右 ch のクロストークが増えてステレオ空間の幅が狭くなります．

本機では左右 OPT のアース側端子から出る配線をヘッドホン・ジャック部分でひとつにまとめなければなりません．アースをまとめる配線は極力短く，かつ芯線を太くして抵抗値を下げることに気を使いました．

### その他

切替スイッチにはスライド・スイッチを使っています．スライドさせるたびに接点がクリーニングされるので，接触不良を感じたら何度かスライドさせて解決します．

## 重要！ 6AU6の3極管接続をどう接続するか

### メーカー推奨に疑問を持つ

6AU6を3極管接続する方法として，当初はメーカー資料の指定どおりに第2グリッドと第3グリッドの両方をプレートに接続していました．この時点では，この接続方法に何の疑問も持っていませんでした．

しかし，かなり音質を追い込んだあとのことですが，高域端にどうしても取りきれない神経質なものが残り，ずいぶん悩むことになりました．おまけに旧ソ連製EF94（6AU6）同等管はノイズ音が大きく，中にはプレート電流が暴走するものまで現れる始末です．

困り果てて6AU6の3極管接続について改めて考えました．

### 第3グリッドを保護する接続方法に変更

6AU6の5極管接続では第3グリッドをカソードと同電位に置くことが基本です．なぜならプレートから反射して戻ってくる一部の電子を寄せつけない役割があるからです．つまり第3グリッドは本来，カソードから放射される電子を受け取る想定にはなっていないはずです．

ところが3極管接続時に第3グリッドをプレートと同電位におけば，赤熱するカソードから飛んできた電子が第3グリッドに流れ込むことは容易に想像がつきます．

すると第3グリッドをプレートに接続する方法では，第3グリッドに電流が流れるという想定外の負担を強いていないだろうかと疑問をいだきました．

ものは試しと第3グリッドをカソードに接続してカソードと同電位にすると，てきめんに高域の神経質なところが解消しました．旧ソ連製同等管のノイズ発生率も劇的に低下して，選別すれば使えるようになりました．暴走もありません．

以上の経験から，6AU6の第3グリッドは3極管接続においてもカソードに接続することをお奨めします．

## 使用部品と加工について

本機はローコストに製作できます．トランス類は合計7千円ほどで済みますし，シャーシのコストをもっと抑えれば2万円で作ることもできます．

### 出力トランス

東映変成器が販売するT-1200を採用しました．他のミニサイズ・トランスを使ったことがないので筆者には比較評価できませんが，この製品は聴感上で特に欠点を意識させるところはありませんでした．

低域の波形を維持できるのは小音量（ヘッドホンのレベル）なら20Hzまで，大音量となると30Hzまでです．ハイファイ・オーディオとして十分合格点をつけることができると思います．ヘッドホンが壊れるくらいの音量なら40Hzが限界となります．

このOPTの端子には酸化防止塗料が塗ってあるので注意してください．そのままでもハンダづけが可能かもしれませんが，繊細な信号を通すことを考えると塗料を剥がしてからハンダづけしたほうがよいでしょう．金属でこすれば簡単に剥がれます．

### 出力トランス・カバー

端子が露出しているOPTのカバーとして，タカチが販売するプラスチック・ボックスTWF-7-5-13D（Dダークグレー色，W白色）を少し加工して使っています．

製品は底板で密閉する構造なので底面を抜かなければなりません．電動ドリルに6mmくらいの鉄工用ドリル刃をつけて，リューターを使うように平行移動させると簡単に切り抜くことができます．回転数は1000rpm以内がよいと思います．

色はフタ部分を銀色，台座部分をつや消し黒に自前で塗装しました．

### 電源コード

AC電源の入口である電源コードは，電源プラグと3Pソケットを買って自作しました．プラグの差込端子はメッキのものより真鍮地肌のもののほうが音がいいです．

プラグ内部はコールドとホットが接触してショートを起こさないように工作します．芯線を圧着端子にカシメたうえ，ハンダづけして接触部を覆って保護し，この端子をしっかりネジどめします．

こうして作った電源ケーブルは，吊るして売っている製品と比較して飛躍的に音質が上がります．サウンドが明らかにクリアーになり，ぐっと元気が出ます．メンテナンスとして，半年に1度くらい差込端子の真鍮をサンドペーパーで軽く磨いてやります．

ない，と感じるくらいです．

低域は実用出力の範囲では20Hzまで波形を維持できます．聴力を害するくらいの出力になると40Hzが限界です．

### ダンピング・ファクタ

前述したように，中心帯域のダンピング・ファクタは右chで14.5，左chは13.8となっています．オン・オフ法を使ってアナログ・メーターを覗いていますが，微妙な読み取り誤差で計算値が大きく違ってきます．目安ていどに捉えてください．

高域では10にまで落ち込みますが，初段のカソード帰還が影響しているのではないかと思います．とはいっても，DF＝10といえばりっぱな高ダンピングに属します．聴感上は特に問題を感じないので現状放置としました．

### ひずみ率

筆者が使っている測定機は0.1Vより小さな出力でのひずみ率を計れません．そのため0.26mWからのグラフになりました．

一見してわかるように，各帯域のカーブがそろっていることが特徴です．サウンドの聴感的な素直さと呼応していると言えるでしょう．

筆者の実用環境で必要な最大出力はせいぜい30mWですので，おおむね1％未満のひずみ率で利用できそうです．

### 残留雑音

両chとも残留雑音は0.2mV前後しかなく，聴感では無音です．人体がタマに1m以内に近づくとノイズが0.3mVくらいに増えますが，聴感には影響しません．

苦労したのはタマが出すボソボソというノイズです．6V6/6F6プッシュプル・アンプの初段に6AU6Aを5極管接続で使っていますが，この種類のノイズは経験ありません．もしかしたら，3極管接続という使い方が影響しているのかもしれません．

選別すると，銘柄によっては10本のうち2，3本しか使えないという厳しい状況です．この測定では自前選別品を使っています．

### 矩形波

写真は10mW時の10KHz矩形波です．軽い微分補正によりリンギングを抑えましたが，その痕跡が少し残っています．これ以上滑らかにしようとすると高域の減衰が聴感に影響するので，ここで手打ちとしました．

### OPT 1次インピーダンスを3KΩに切り替えると

インピーダンス70Ωのヘッドホンをつないだときを想定して測定してみました．OPT 1次側を3KΩに切り替えて，2次側に68Ω抵抗を接続します．

一番気になったダンピング・ファクタはあまり変わらないので，思惑通りにいったようです．

周波数特性では高域の減衰が減りましたが，120KHz付近に小さなピークが現れました．矩形波には軽いリンギングが出ます．7KΩ・39Ωに合わせた微分補正が適合していないようです．

2次側に16Ω端子があれば，それを使うに越したことはないということがわかります．

### 1次側切り替えを7KΩ−5KΩに変更

筆者としては，インピーダンスが70Ω近辺にあるヘッドホンを使う予定がないですし，興味のある市販ヘッドホンの多くがインピーダンス32～38Ωの範囲にあるため，本機の利用はこの範囲に的をしぼることにしました．

そこで3KΩへの切り替えを廃止して，5KΩへの切り替えに変更しました．微妙な音質選択のために利用しようという考えです．

インピーダンス30～40Ωのヘッドホンは通常1次7KΩで使用します．これを5KΩに切替えると，NFB量が少し減り，ダンピング・ファクタが少し小さいサウンドを聴くことができます．音質的には中高域の音色が前に出てくる感じです．

### 最後に

このところ毎晩のようにドボルザークやらラフマニノフなどの交響曲，ピアノ協奏曲等々をヘッドホンで聴いています．

この本機をひと言で言えば，うまい安い早いです．この2年間「無謀不可思議」アンプや「危険超重量級」アンプばかり背負ってきたため，今回はすごく得した気分です．楽しい自作もあるんだな，という新鮮な発見でした．　**（前編・後編とも記事内写真：秋 一郎）**